

# Satotasojen lohkokohtainen määrittäminen

Reetta Palva





TEHO-HANKKEEN JULKAISUJA 3/2010  
Tehoa maatalouden vesiensuojeluun

Taitto: Graafinen suunnittelutoimisto Seepia / Mia Grönberg  
Kannen kuva: Reetta Palva  
Raportin kirjoittaja Reetta Palva toimii tutkijana TTS tutkimuksessa.

Julkaisu on saatavilla internetistä: [www.ymparisto.fi/teho](http://www.ymparisto.fi/teho)

ISBN 978-952-257-067-3 (nid.)  
ISNN 1798-1115 (pain.)  
ISBN 978-952-257-068-0 (PDF)  
ISNN 1798-1123 (verkkokj.)



Tehoa maatalouden vesiensuojeluun (TEHO) -hankkeessa v. 2008 - 2010 kehitetään ja toteutetaan käytännön vesiensuojelutoimenpiteitä. Hanketta rahoittavat maa- ja metsätalousministeriö ja ympäristöministeriö. Hankkeen toteutuksesta vastaavat Varsinais-Suomen ELY-keskus sekä MTK-Varsinais-Suomi ja MTK-Satakunta.

## SISÄLLYS

Johdanto	2
1. Lohkokohtaisten satojen mittaaminen	3
1.1. Punnitseminen	3
1.2. Sadon mittaaminen tilavuuden perusteella	5
1.3. Mitattuun määrään tehtävät korjaukset	7
1.4. Kirjanpito	8
1.5. Mittaus korjuukoneisiin asennettavilla satomittareilla	9
1.6. Otantanäytteiden käyttö ja näytteenottotekniikoita	10
2. Nurmisadon määrittäminen epäsuorasti	11
2.1. Kasvuston korkeuden mittaaminen	11
2.2. Nurmen mittalautanen	11
3. Sadon arviointi tilakokeissa	12
3.1. Koealueen sadonkorjuu maatilamittakaavan koneilla	13
3.2. Laidunnurmikokeilujen sadon arviointi	14
Lisätietoa	15
Kuvailulehti	16
Documentation page	17

## Johdanto

Monessa yhteydessä olisi tarpeen pystyä määrittämään yhdeltä peltolohkolta korjattu sato. Tarkin menetelmä on luonnollisesti punnitus, mutta siihen ei läheskään kaikilla tiloilla ole mahdollisuutta, mikäli punnittavat massat ovat suuria. Punnituksen rinnalle tarvitaan myös esimerkiksi tilavuuteen perustuvia mittausmenetelmiä.

Muun muassa ympäristötuen lannoitussäädökset pohjautuvat osittain lohkolta aiempina vuosina korjatun sadon määrään. Yhtenä mahdollisuutena on käyttää keskimääräistä tietyn kasvin satotasoa, mutta todelliset lohkokohtaiset satotasot toisivat tarkkuutta lannoituksen suunnitteluun.

Ravinnetaselaskenta on hyvä seurannan ja neuvonnan apuväline, kun selvitetään ravinteiden käytön tehokkuutta ja seurataan mahdollisten korjaavien toimenpiteiden toimivuutta. Taselaskelmat jäävät kuitenkin hyvin epätarkoiksi, mikäli käytössä ei ole lohkokohtaisia satotietoja.

Lohkokohtaisen sadon määrän selvittämisen helpottamiseksi TEHO-hanke tilasi TTS tutkimukselta (Työtehoseuralta) selvityksen siitä, miten lohkokohtaisia satoja voidaan määrittää tilatasolla ja hanketoiminnassa. Tässä oppaassa käydään läpi sekä puitavien kasvien että nurmikasvustojen sadon määrittystä.

Kuvat: Sakari Alasuutari



## 1. Lohkokohtaisten satojen mittaaminen

Moni viljelijä tyytyy sadon määrittämisessä vain keskimääräisen satotason laskemiseen kasvin kokonaissadon perusteella. Käytännön oloissa hehtaarisatoja ei pystytä määrittämään aivan tarkasti erilaisista virhe- ja epätarkkuusmahdollisuuksista, kuten sadon kuiva-ainepitoisuuden vaihtelusta johtuen. Korjuuajan käytännön työnkulku- ja logistiset järjestelyt rajoittavat osaltaan myös korjuun aikana tehtävää mittaustoimintaa. Toisaalta jomelko vähällä lisätyöllä ja mittauksilla pystytään kohtuullisen ja yleensä riittävän tarkasti kartoittamaan lohkokohtaisia satomääriä. Mikäli halutaan tutkia erilaisten viljelytoimenpiteiden vaikutuksia satoihin koeluontoisesti, tehtävä on jonkin verran vaativampi ja edellyttää enemmän työaikaa.

### 1.1. Punnitseminen

Luotettavin sadon mittaustapa on punnitseminen. Lohkokohtaista tietoa varten sato on punnittava, kun se kuljetetaan pellolta käsittely- tai varastointipaikalle tai siirretään siellä. Toisaalta samaan kuormaan voidaan korjata satoa useammaltakin lohkolta, jolloin punnitsemassa on käytävä aina välillä lohkolta toiselle siirryttäessä. Useimmiten eri lohkoilta korjattuja satoja yhdistellään varastoinnissa ainakin osittain, jolloin myynnin tai käytön yhteydessä lohkokohtaisen tiedon saanti ei ole enää mahdollista. Varastoinnin aikana sadon määrässä voi myös syntyä tappioita.

Perävaunujen punnitsemisessa tarvitaan ajoneuvovaakaa, joita on saatavilla erityyppisiä. Kappaletavaran kuten rehupaalien punnitsemiseen käyvät myös kuormainvaa'at tai lattiavaa'at (taulukko 1).

Ajoneuvovaaka voi olla koko ajoneuvon kerralla punnitseva, jolloin vaakataso on oltava koko yhdistelmän mittainen. Ajoneuvon punnitus voi perustua myös akselipainojen erilliseen punnitsemiseen, jolloin ajoneuvon kokonaispaino saadaan akselipainoista yhteenlaskettuna. Akselivaa'at ovat huomattavasti edullisempia kuin koko ajoneuvon mittaiset vaa'at.

Koko sadon ajaminen vaa'an kautta edellyttää kiinteää punnitusasemaa, jotta punnitus ei hidasta liikaa sadonkorjuutyötä. Täysmittaiset ajoneuvovaa'at ovat yleensä liian kalliita normaaliin maatilakäyttöön, mutta myös akselipunnitukseen perustuva vaaka voidaan asentaa kiinteästi, jolloin vaakalevyt asennetaan yleensä maahan upotettuna. Upotus vaatii pohjarakentamisen ja betonivalun. Jotkin vaa'at edellyttävät pysähtymisen vaa'alla, mutta joillakin vaa'oilla punnitus tapahtuu hitaasti yli ajaen. Vaakajärjestelmät laskevat punnitus tuloksen ja rekisteröivät automaattisesti yli ajaneen ajoneuvon painon.

Siirrettävät punnitustasot ovat paikallaan, kun mittauksia ei voida tehdä yhdessä paikassa tai niitä tehdään satunnaisesti tai tilapäisesti (kuva 1). Siirrettävillä tasoilla ajoneuvo punnitaan yleensä akseli kerrallaan. Siirrettävät punnitustasot on sijoitettava kovalle ja tasaiselle alustalle. Ajoneuvo ajetaan punnituspaikalle ja punnitustasot asetetaan punnittavan akselin renkaiden eteen ja ajoneuvo ajetaan tasojen päälle. Siirrettävät punnitustasot ovat



yleensä melko matalia, jolloin muiden akseleiden alle ei välttämättä tarvita korotustasoja. Käytännön mittauksissa teliakselisilla vaunuilla on saatu näin toimien riittävän tarkkoja punnitustuloksia, kunhan alusta on ollut kova ja tasainen. Periaatteessa voidaan myös punnita kerralla koko ajoneuvo hankkimalla tarvittava määrä punnitustasoja.



Kuva 1. Siirrettävillä punnitustasoilla mittauksia voidaan tehdä eri paikoissa. Edellytyksenä on ainoastaan kova ja tasainen alusta. Kuva: Minna Toivakka

Kappaletavaraa kuten rehupaaleja voidaan punnita myös lattiavaa'alla tai traktorin etukuormaimen asennettavalla vaa'alla. Kuormainvaaka toimii käyttökoneen hydraulikkaan liitettävällä paineanturilla. Punnitseminen kuormainvaa'alla tapahtuu nostamalla kuorma tiettyyn korkeuteen ja pysäyttämällä liike hetkeksi.

Kuormien ajaminen vaa'an kautta hidastaa aina jonkin verran sadon kuljetustyötä. Mikäli korjuuketjun pullonkaula on kuljetuksessa, punnitus edelleen heikentää koko ketjun kapasiteetin käyttöastetta. Esimerkiksi säilörehun korjuussa optimaalinen korjuuaika on lyhyt, jolloin korjuukapasiteetin täysi käyttöaste on yleensä tarpeen. Satoarviota tarkentaa huomattavasti, vaikka kuormia tai paaleja punnittaisiin vain otantana. Punnituksia kannattaa tehdä aina, kun sadon laatu jollain tavalla muuttuu (esim. kosteus, kasvuolosuhteet, nurmen eri kasvilajien suhteet).

On myös mahdollista asentaa perävaunuun vaaka-anturit, jolloin kuormapainojen rekisteröinti olisi vaivattominta. Joihinkin rehuvaunuihin vaaka-anturit on jo saatavilla tehdassennuksena. Jälkiasentaminen voi olla työlästä ja kallista teettä. Akselivaaka on yleensä käytännöllisempi vaihtoehto, kun yleensä kuitenkin maatilalla on käytössä useita perävau-

nuja. Kun kalustolla on paljon käyttöä kuten urakoinnissa, esimerkiksi rehuvaunun varustaminen vaa'alla voi olla perusteltua, jolloin työn hinnoitteluun olisi mahdollista yhdistää rehumääriin perustuvia elementtejä.

Taulukko 1. Esimerkkejä vaakojen hinnoista (AVL 0 %, ei rahtia).

Vaakatyyppe	Hinnat
Täysmittaiset ajoneuvovaa'at	16 500 € + perustukset, asennus
Akselivaa'at	5 000 € + perustukset, asennus
Siirrettävät punnitustasot	4 000 € /pari
Lattiavaa'at	1400 €
Kuormainvaa'at	1500 €

## 1.2. Sadon mittaaminen tilavuuden perusteella

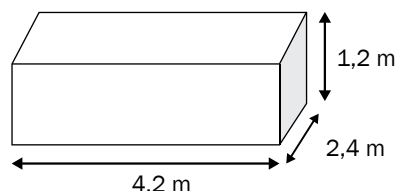
Mikäli vaakaa ei ole käytettävissä, sadon määrä on arvioitava kuljetusvaunun tilavuuden ja sadon tilavuuspainon avulla. Ellei käytettävissä ole tietoa valmistajan ilmoittamasta kuljetusvaunun tilavuudesta, tilavuus on mitattava itse (lavan pituus x leveys x laitojen korkeus). Lisäksi on arvioitava, minkä verran normaalisti täytetty kuorma jää vajaaksi vesitilavuuteen verrattuna.

### Esimerkkejä tilavuuden laskennasta eri muodoille

#### Suorakulmainen särmiö (esim. perävaunu)

Tilavuus = särmiön pituus x leveys x korkeus

Esimerkkisärmiö: Tilavuus = 4,2 m x 2,4 m x 1,2 m = 12,1 m<sup>3</sup>



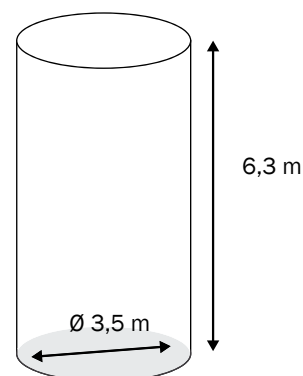
#### Lieriö (esim. viljasiilo)

Tilavuus = pohjan pinta-ala x korkeus

Pohjan pinta-ala saadaan kaavalla  $\pi r^2$ , missä  $\pi$  = pii (~ 3,14) ja  $r$  = säde.

Säde  $r$  on puolet halkaisijasta  $\emptyset$

Esimerkkilieriö: Tilavuus = 3,14 x 1,75 m x 1,75 m x 6,3 m = 60,6 m<sup>3</sup>

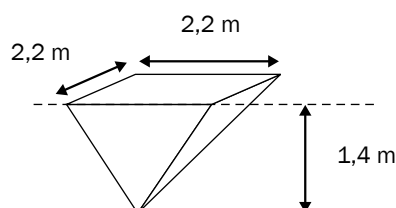


#### Kartio (esim. viljasiilon pohja)

Kartion tilavuus on kolmasosa samankorkuisen ja -pohjaisen lieriön tilavuudesta.

Tilavuus = pohjan pinta-ala x korkeus x 1/3

Esimerkkikartio: Tilavuus = (2,2 m x 2,2 m x 1,4 m)/3 = 2,3 m<sup>3</sup>



Laskennallisesti materiaalin tuorepaino saadaan kertomalla tilavuus mitatulla ominaispainolla. Suurinta epävarmuutta aiheuttaa lähinnä se, miten määritetään käytettävä ominaispaino.

Viljan laadun määrittämisessä käytetään yleisesti hehtolitranpainoa. Virallinen hehtolitranpainon mittaaminen esimerkiksi hinnoittelua varten tehdään tarkoin määritellyllä menetelmällä. Tilakäyttöön on saatavilla pikamittareita (kuva 2), joita myydään muun muassa maataloustarvikekaupoissa. Mittarit ovat varsin helppokäyttöisiä: mittakuppiin kaadetaan ohjeen mukaiselta korkeudelta viljaa vapaasti, pinta pyyhkäistään tasaiseksi ja asteikolta luetaan viljan paino. Pikamittareiden tarkkuudesta ei ole tutkittua tietoa, mutta niillä voidaan saada oikein käytettynä melko hyvä tieto viljan laadusta. Viljan laatua kuvaava hehtolitranpaino ei kuitenkaan ole viljan ominaispaino esimerkiksi perävaunuun kuormattuna, sillä kuormassa vilja yleensä painuu tiiviimmäksi kuin määrittämisessä. Siitä, miten paljon eroa voi olla, ei ole olemassa tutkimusta tai ohjeistoja. Paras keino olisi pystyä punnitsemaan muutamia kuormia, jolloin voi verrata todellista painoa laskennalliseen painoon ja määrittää siten korjauskerroin.



Kuva 2. Viljan hehtolitranpainon voi tilalla määrittää yksinkertaisella pikamittarilla. Mittaustarkkuutta voi arvioida mittaamalla viralliseen määrittämiseen lähtevän esinäytteen tai myyntierän hehtolitranpainon myös tilalla ja verrata sitä laboratoriomäärittämisen tulokseen. Kuva: Airi Kulmala

Säilörehun osalta kuormapainojen määrittäminen on vielä haasteellisempaa, koska tilavuuspainon mittaamiseen ei ole vastaavanlaista pikamäärittämenetelmää. Tilavuuspainoon vaikuttavat voimakkaasti kuiva-ainepitoisuus ja korjuumenetelmä. Rehukuormien painoja on tutkittu viime vuosina Valio Oy:n ja Yara Suomi Oy:n toteuttamassa TilaArtturi-hankkeessa, jossa on punnittu tarkkuussilppurilla, ajosilppurilla ja noukinvaunulla korjatun rehun kuormapainoja sekä pyöröpaalien painoja. Tarkkuussilppurilla korjatun rehun osalta kuormapainot olivat melko tasaisia, ja kuiva-ainepitoisuuden vaikutus kuorman painoon melko hyvin ennustettavissa. Esimerkiksi 32 %:n kosteudessa rehun tilavuuspaino oli 210 kg/m<sup>3</sup>. Noukinvaunujen osalta kuormien painot vaihtelivat paljon muun muassa konemerkin, ajonopeuden ja silpun pituuden mukaan. Kuutiopaino voi vaihdella tulosten perusteella esimerkiksi 30 % kuiva-ainepitoisuudessa 190 kg:sta yli 290 kg:aan kuutiolta. Eri konemerkeillä kuiva-ainepitoisuuden vaikutus rehun tilavuuspainoon vaunussa oli hieman erilainen. Myös ajosilppurilla korjatuissa kuormissa tilavuuspainon vaihtelu on ollut suurta, vaikka kuiva-ainepitoisuus on pysynyt samana. Pyöröpaalin painoon vaikuttaa kuiva-ainepitoisuuden ohella paalin tiukkuus, missä on suuria konemerkkikohtaisia eroja.



TilaArtturi-hankkeessa tehtyjen mittausten tulokset löytyvät internetissä osoitteesta [www.mtt.fi/artturi](http://www.mtt.fi/artturi).

Vaikka tilavuuspainoissa on aina jonkin verran vaihtelua, keskimääräiset arvot ovat varsin käyttökelpoisia, kun satoja arvioidaan kuormatilavuuksien kautta. Etenkin suurilla lohkoilla täysiä kuormia ajettaessa painot vastaavat melko hyvin keskimääräisiä arvoja. Vajaiden kuormien täyttöastetta on usein vaikeampi arvioida ja rehun tilavuuspaino vaihtelee niissä enemmän. Pienillä lohkoilla vajaiden kuormien osuus voi olla suuri.

### 1.3. Mitattuun määrään tehtävät korjaukset

Useimmilla viljelykasveilla sadon mukana poistuneiden ravinteiden määrä lasketaan kuiva-ainesadon mukaan. Viljasadon yhteydessä käytetään 14 prosentin kosteuspitoisuutta. Kuiva-ainesadon määrittämiseksi tarvitaan kosteus- tai kuiva-ainepitoisuuden mittauksia sadon korjuun yhteydessä: mitä useampia otoksia, sitä luotettavampi tulos saadaan.

Viljan kosteuspitoisuuden määrittäminen on pikamittareilla helppoa ja melko luotettavaa, kunhan kosteusmittari kalibroidaan vuosittain. Kuorman purkamisen yhteydessä kosteuspitoisuus voidaan mitata vaikka jokaisesta kuormasta. Kosteuspitoisuus voi muuttua päivän aikana hyvissä olosuhteissa useamman prosentin verran samallakin lohkoilla. Tuoreen viljan määrä muutetaan vastaamaan 14 prosentista viljaa seuraavasti.

Viljan määrä kg 14 % kosteudessa =  $(100 - \text{puintikosteus})/86 \times \text{puintikostea viljaa kg}$

Esimerkki: lohkolta on korjattu 4 000 kg viljaa, jonka puintikosteus on 20 %

Viljan määrä 14 % kosteuteen muutettuna =  $(100 - 20)/86 \times 4\,000 \text{ kg} = 3\,720 \text{ kg}$

Nurmen korjuun yhteydessä lohkolta kannattaa kerätä useampia osanäytteitä kuormista tai karholta juuri ennen korjuuta. Pienimmiltä samana päivänä korjattavilta lohkoilta näytteitä voi yhdistää. Näytteet voi lähettää analysoitavaksi rehulaboratorioon. Kuiva-ainemäärityksen voi tehdä myös itse. Koska uunissa kuivaamiseen tarvitaan noin vuorokauden kuivumisaika (105 °C) ja näytteitä tulee useina perättäisinä päivinä, kotioiloissa uunikuivaus ei yleensä onnistu. Määrityksen voi tehdä myös mikroaaltouunilla, jolla näyte kuivuu nopeasti. Tarkempi ohje kuiva-aineen määrittämiseen löytyy internetissä Artturi-verkkopalvelun sivuilta ([www.mtt.fi/artturi](http://www.mtt.fi/artturi)) Artturi-kirjastosta.

Nurmen kuiva-ainesato kg = tuoresadon määrä kg x kuiva-aineprosentti %

Hehtaarisato kg/ha = Lohkon kokonaiskuiva-ainemäärä kg / lohkon pinta-ala ha

Esimerkki: Lohkolta (3,5 ha) on korjattu rehua tuoreena 43 000 kg, ja kuiva-aineprosentti on 36 %. Kuiva-ainesadon kokonaismäärä on  $43\,000 \text{ kg} \times 36 \% = 15\,480 \text{ kg}$ . Hehtaarisato on  $15\,480 \text{ kg ka} / 3,5 \text{ ha} = 4\,422 \text{ kg ka/ha}$ .

\* ka = kuiva-aine

## 1.4. Kirjanpito

Lohkokohtaisen tiedon keräämiseksi tarvitaan lohko-kohtaista kirjanpitoa korjuun yhteydessä lohkolta viedyistä kuormista tai muista yksiköistä (kuva 3). Punnitusjärjestelmissä tulosten tallentuminen voi tapahtua automaattisesti, mutta tulosten yhdistäminen lohko-kohtaiseen tietoon edellyttää lohkolta tuotujen kuormien kirjaamista ylös tunnistettavasti. Kuormatilavuuteen perustuvassa määrittämisessä merkitään ylös jokainen pellolta lähtevä tai sieltä tuotava kuorma. Tilavuudeltaan erikokoisia perävaunuja käytettäessä kirjaamistyötä helpottaa vaunujen nimeäminen, jolloin tilavuuksia ei tarvitse muistella korjuun yhteydessä. Vajaiden kuormien osalta on arvioitava täyttöaste tai puuttuva kuutiomäärä. Kuormakirjanpitoa voi sadonkorjuun aikana tehdä vaikkapa pieneen ruutuvihkoon, jota on helppo säilyttää traktorissa, puimurissa tai taskussa.

Kuorma-/paalikirjanpidosta tiedot viedään lohkokirjanpitoon. Erikoisia perävaunuja käytettäessä helpointa on laskea lohkon kuormatilavuudet yhteen.

Esimerkki yksinkertaisesta kuormakirjanpidosta, jossa jokainen kuorma merkitään viivalla.

	Kuormien määrä (kpl)		
	Punaiset kärryt	Uudet kärryt	Naapurin kärryt
Lohkon nimi	Punaiset kärryt	Uudet kärryt	Naapurin kärryt
Kotipelto	½		
Peräniitty	¾		
Isolohko			



Kuva 3. Jokainen pellolta lähtevä kuorma on hyvä kirjata ylös heti pellolla, sillä myöhemmin se helposti unohtuu. Vajaiden kuormien määrittämiseksi kärryn sisäreunoille voi maalata mitta-asteikon, joka helpottaa täyttöasteen arviointia. Kuva: Sakari Alasuutari/TTS

Lohkon tunnus ja nimi	Ala ha	Sato	Korjuutapa	Määrä ja yksikkö (m <sup>3</sup> , kpl)		kg/yksikkö	kg yht.	ka-%	ka yht. kg	kg ka/ha	Varasto
1 A Kotipeltto	5,2	säilörehu	silppurilla	220	m <sup>3</sup>	210	46 200	35 %	16 170	3 110	siilo 1
2 A Peräniitty	0,5	säilörehu	silppurilla	20	m <sup>3</sup>	210	4 200	35 %	1 470	2 940	siilo 1
<b>Yhteensä</b>	<b>5,7</b>						<b>50 400</b>		<b>17 640</b>		

Esimerkki lohkokirjanpidosta sadon laskentaa varten. Kirjanpito voidaan laatia esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmaa käyttäen.

Vastaavasti myös varastolla tulee pitää varastokirjanpitoa, josta selviää, mihin siiloon pellolta tuotu tavara päätyy. Varastopaikalla mitataan ja kirjataan myös viljan kosteuspitoisuudet. Varastokirjanpidon avulla voidaan tarkistaa kirjanpidon pitävyyttä. Sadonkorjuun päätyttyä mitataan varastoissa olevat määrät.

## 1.5. Mittaus korjuukoneisiin asennettavilla satomittareilla

Korjuukoneisiin asennettavat massa- tai tilavuusvirta-anturit ja niiden yhdistäminen gps-paikkatietojärjestelmään ovat yleistymässä, vaikkakin hitaasti. Laitteita on jonkin verran jo käytössä puimureissa, ja myös nurmen korjuulaitteisiin niitä on kehitteillä. Laitteistojen päätarkoitus on antaa tietoa täsmäviljelytekniikan käyttöön eli niillä kartoitetaan lohkon sisällä esiintyvää satovaihtelua. Vastaavasti lannoitusta tarkennetaan satokartta-analysien perusteella. Satomittauksen yhteyteen voidaan liittää kosteusmittaus sekä valkuaispitoisuuden mittaus, jonka avulla voidaan tarkentaa sadon mukana pellolta poistunutta typpimäärää.

Järjestelmään liittyvät mahdolliset virhetekijät on kuitenkin huomioitava. Virhemahdollisuudet liittyvät useimmiten siihen, miten hyvin kulloinkin mittarille virtaava määrä saadaan kohdistettua vastaamaan todellista hetkittäistä korjuualaa. Ajolinjoilla, muun muassa päisteajotekniikalla ja tehollisen työlevyden käytöllä on suuri merkitys saavutettavaan tarkkuuteen. Virhettä voi järjestelmästä riippuen aiheutua samoista tekijöistä johtuen kuin muissakin sadonmittausmenetelmissä, kuten kosteuspitoisuuden ja tilavuuspainon vaihtelusta lohkon sisällä. Järjestelmän huolellinen kalibrointi on tärkeää. Kuormakirjanpitoa on hyvä käyttää myös puimurin satomittaria käytettäessä virhetekijöistä johtuen.

## 1.6. Otantanäytteiden käyttö ja näytteenottotekniikoita

Sadon määrää voi arvioida ennen korjuuta otantanäytteiden perusteella. Näytteenotossa kasvustosta rajataan esimerkiksi kehikon avulla määräala, josta leikataan satokasvusto, joka tarpeen vaatiessa käsitellään satokomponenttien erottelua varten. Tämän jälkeen satonäyte punnitaan ja siitä määritetään kuiva-ainepitoisuus. Mitattu sato lasketaan hehtaarisatoa vastaavaksi. Koska satovaihtelu yhden lohkon sisällä voi olla hyvin suurta, luotettavan tuloksen saamiseksi näytteitä pitäisi ottaa melko paljon. Satovaihtelua on vaikea havaita pellon tasalta katsottaessa, ja reunavaikutusten huomioiminen erilaisilla lohkoilla on haasteellista. Jonkinlaisena lähtökohtana voitaneen pitää 5 - 10 näytettä hehtaarilta, mutta sekin voi vaihtelevassa kasvustossa antaa epävarman tuloksen.

Otosten edustavuuden lisäksi virhettä tuloksiin voi syntyä näytekehikon alle sattuvien kasvien alueeseen kuuluvuuden määrittämisestä. Näyteruudun ulkopuolella kasvavat kasvit voivat kaatua ruudun sisäpuolelle, ja vastaavasti ruudun sisällä kasvavat kasvit voivat kaatua sen ulkopuolelle. Näytteeseen rajataan kasvit, jotka kasvavat juuresta ruudun sisällä. Otosten tulisi olla mahdollisimman suuria rajausrvirheen pienentämiseksi. Menetelmä jättää myös huomioimatta korjuun yhteydessä syntyvät satotappiot, jotka on vielä arvioitava erikseen sadonkorjuun yhteydessä.

Menetelmä voikin olla työläs ja epävarma lohkokokohtaisen sadon arviointiin laajemmin. Menetelmä soveltuu paremmin lohkon sisäisten satovaihteluiden mittaamiseen tai koealueiden mittauksiin.

Viljakasvustoista määrääalan rajaaminen on helpointa ottamalla näytteeseen tietty määrä kylvörivejä halutulta matkalta. Kun riviväli on tunnettu, sato voidaan laskea sen avulla.

Neliön pinta-alaa vastaava rivimetrimäärä saadaan kaavasta:  
 $\text{rivimetrejä neliömetrillä} = 100/\text{riviväli (cm)}$

Esimerkiksi viljan 12,5 cm rivivälillä neliömetrin näytteeseen tarvitaan kahdeksan rivimetriä. Näyte voidaan ottaa esimerkiksi neljästä rivistä kahden metrin matkalta.

$\text{Hehtaarisato (kg/ha)} = \text{neliömetriltä punnitun näytteen paino (kg)} * 10\,000$

Viljanäytteen käsittelyssä jyvien riipiminen leikatuista tähkistä käsin on työlästä. Tähkiä voi pyöritellä esimerkiksi polkupyörän sisäkumista tehdyssä putkessa. Työtä helpottamaan on nykyään saatavilla pieni akkukäyttöinen näytepuimuri, jolla näyte voidaan kerätä suoraan kasvustosta ja näytteen puinti käy huomattavasti helpommin.

Nurmen sadon mittaamisessa otoksen rajaamiseen kannattaa tehdä neliön tai suorakaitteen muotoinen kehikko, joka on mitoiltaan esimerkiksi 50 x 50 cm. Kun kehikon yksi sivu jätetään avoimeksi, se on helpompi asetella kasvustoon. Kehikko asetellaan kasvuston juurelle, jolloin kasvuston rajaaminen kehikon sisä- ja ulkopuolelle vaatii tarkkuutta. Kasvusto tulee leikata samalta korkeudelta kuin se korjattaessa niitetään. Näytteen leikkaamista

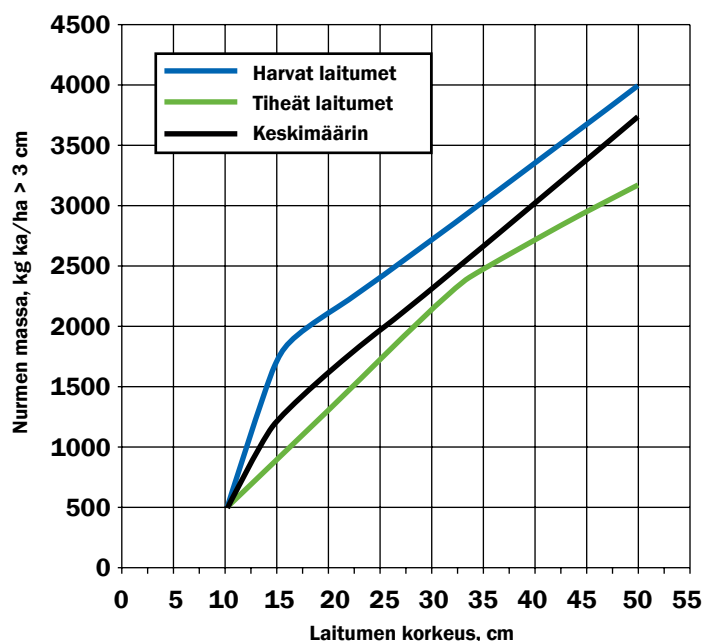
helpottaa, kun kehikon reuna on samankorkuinen niittokorkeuden kanssa. Ohjeita nurminäytteen ottamiseen löytyy Artturi-verkkopalvelun internet-sivuilta ([https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Rehuanalyysi/Naytteenotto/Nayte\\_ruohosta](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Rehuanalyysi/Naytteenotto/Nayte_ruohosta)).

## 2. Nurmisadon määrittäminen epäsuorasti

### 2.1. Kasvuston korkeuden mittaaminen

Nurmen massan määrittämiseen erityisesti laitumilla on kehitetty myös epäsuoria menetelmiä. Nurmen korkeuden on todettu kuvaavan sadon määrää melko hyvin. Sadon arvioinnissa voidaan otantamenetelmän tapaan käyttää MTT:ssä laadittua kasvuston korkeuden ja laitumen kuiva-ainesadon yhteyttä kuvaavaa mallia (kuva 4). Malli on kehitetty heinäkasvunurmille, joten sitä ei voi käyttää apilapitoisten nurmien sadon määrittämisessä.

Kuva 4. Nurmen määrän arvioinnissa kasvuston korkeus (cm) muutetaan kuiva-ainekiloiksi. Kaavio löytyy internetissä osoitteesta <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaiikat/maaninka/laiduntaminenkannattaa>.



### 2.2. Nurmen mittalautanen

Uudessa-Seelannissa on kehitetty nurmisatojen arviointiin mittalautanen, jonka soveltuvuutta on tutkittu myös suomalaisilla nurmilla. Laitteessa tunnetun kokoinen ja painoinen levy liukuu vapaasti mittakepillä. Levy pudotetaan kasvuston päälle, jonka jälkeen levyn korkeus pellon pinnalta mitataan. Korkeuteen vaikuttaa paitsi nurmen kasvukorkeus myös kasvuston tiheys. Mittalautanen on osoittautunut käyttökelpoiseksi laitumien sadon arviointiin, koska laitumilla nurmi on yleensä melko tiheää, lehtevää ja suhteellisen matalaa. Niittonurmien sadon arvioinnissa tulokset ovat olleet vaihtelevampia korkeamman kasvuston vuoksi. Kaupallisesti valmistetuissa mittalautasissa nurmen massa voidaan lukea suoraan laitteesta (kuva 5). Maailmalla kaupallisia tuotteita on useita, ja niissä lautasen koko, muoto ja paino vaihtelevat. Erilaiset laitteet saattavat toimia eri tavoin erilaisilla nurmilla ja laitteet on kalibroitu paikallisiin olosuhteisiin. Suomalainen maahantuoja tuo laitetta, jolle on laadittu laskentakaava suomalaisten tutkimusten perusteella. Tulosten luotettavuutta voidaan parantaa kalibroimalla laite omille nurmille ja omalle näytteenottotekniikalle punnitsemalla otantanäytteitä. Mittalautasta käyttämällä otosten määrää pystytään melko vaivattomasti lisäämään ja parantamaan sadon määrittämisen luotettavuutta. Nurmen mittalautasia voi tiedustella ProAgria Keskuksista.





Kuva 5. Nurmen mittalautanen soveltuu erityisesti laidunsatojen määrittämiseen. Kuva: Perttu Virkajärvi

### 3. Sadon arviointi tilakokeissa

Monia viljelijöitä kiinnostaa erilaisten viljelyssä käytettävien valmisteiden tai viljelymenetelmien vertailu. Hyvin toteutettuna kokeilla voi saada käyttökelpoista tietoa näistä juuri oman tilan ja omien peltolohkojen olosuhteissa. Hyvä koejärjestely on ensiarvoisen tärkeää eli koealojen sijoittelu on mietittävä huolellisesti, jotta satotiedoista voidaan päätellä käsittelyistä johtuvia eroja. Pelkästään yksittäisten vierekkäin sijoitettujen ruutujen perusteella saatuja tuloksia ei voida pitää kovin luotettavina.

Myös monet erilaisia tuotteita valmistavat tai markkinoivat tahot tekevät tutkimusta tavallisilla maataloilla, jolloin ne saavat tietoa useilta tiloilta, mikä parantaa tulosten luotettavuutta ja yleistettävyyttä.

Käytäntöä voi kuitenkin palvella myös yksinkertaisesti toteutettu koe, jossa esimerkiksi kasvuoloiltaan tasalaatuinen lohko jaetaan kahteen tai kolmeen osaan riippuen siitä, halutaanko testata yhtä vai useampaa tuotetta tai menetelmää. Käsitteltävien alojen tulee olla mahdollisimman samanlaatuisia. Vertailukohtana kannattaa aina olla entinen toimintatapa. Kun koealue on suuri, saadaan tietoa käsittelyn vaikutuksista laajemmin eri osissa peltoa ja pellon ominaisuuksien vaihdellessa.

Yleensä viime kädessä ollaan kiinnostuneita käsittelyn vaikutuksesta satoon, jolloin sadon mittaaminen tulisi pystyä tekemään mahdollisimman tarkasti. Tilakokeissa sadon arviointiin ovat periaatteessa käytettävissä samat menetelmät kuin lohko kohtaisten satojen arvioinnissa. Koealan sadon punnitus on luotettavin menetelmä tilakokeissakin. Koealojen kohdalla sadon määrittäminen otantänäytteiden avulla voi joskus olla helpommin toteutettavissa oleva menetelmä.

### 3.1. Koealueen sadonkorjuu maatilamittakaavan koneilla

Kun koealueet ovat suuria, voidaan sato korjata normaaliin tapaan ja mitata punnitsemalla tai tilavuuden perusteella kuten edellä on esitetty. Alueen pinta-ala pitäisi pystyä myös mittaamaan mahdollisimman tarkasti. Siksi voi olla hyvä rajata koealueesta suorakaiteen muotoinen määräala, jolta sato korjataan erikseen.

Kasvustoissa on usein lohkon sisällä suurta vaihtelua. On mahdollista, etteivät tutkittavan käsittelyn vaikutukset sen vuoksi tule esille. Tällöin voidaan käsittelyistä rajata myös selvästi pienemmät näyteruudut. Ongelmana on, että normaalit korjuukoneet soveltuvat huonosti pienten koealojen korjuuseen. Epätarkkuutta syntyy, kun suuriin koneistoihin voi jäädä vaihteleva osa korjattavasta tavarasta.

Pienempien näyteruutujen korjuuta varten pitää koetta perustettaessa ottaa huomioon, että ruutujen ympärille voidaan ajaa riittävän leveät alueet koneilla kääntymistä varten. Jokainen ruutu tulee perustaa niin leveäksi, että korjuukoneella voidaan ajaa vähintään yksi työleveys siten, että molemmin puolin ruutua jää korjaamatonta ruutualaa. Tulosten luotettavuuden parantamiseksi olisi hyvä tehdä koejärjestely useammalle lohkolle tai suurella loholla useampaan kohtaan.

Näyteruudun kokoa määriteltäessä on otettava huomioon pellon ominaisuudet, mutta myös se, miten käytännön mittaajajärjestelyt voidaan toteuttaa. Viljaruutuja voidaan puidesimerkiksi perävaunun lavalle sijoitettaviin suursäkkeihin, jotka voidaan punnita myöhemmin esimerkiksi kuormainvaa'alla (kuva 6).



Kuva 6. Suursäkkejä voidaan käyttää apuna koealojen sadon punnituksessa. Kuva: Sakari Alasuutari/TTS

### **Esimerkki sadonmittauksesta viljan puinnin yhteydessä**

- 1) Koeruuduista/käsittelyalueesta mitataan haluttu pituus.
- 2) Puidaan alueen molemmat päisteet auki.
- 3) Puimurin viljasäiliö tyhjenetään normaalisti perävaunuun, jolloin puimurin säiliöön ja kuljettimiin jää tavanomainen määrä viljaa.
- 4) Puidaan koeruudusta mitattu pituus täydellä työleveydellä.
- 5) Puitu vilja tyhjenetään tyhjennysruuvien avulla traktorin perävaunun lavalla olevaan suursäkkiin. Tyhjennys tulee tehdä aina samassa paikassa ja samassa asennossa. Punnitaan viljasäkit ja säkin omapaino vähennetään tuloksista.
- 6) Mitataan viljan kosteus pikamittarilla ja lasketaan kosteuskorjaus.
- 7) Lasketaan hehtaarisato  $\text{kg/ha} = \text{Kosteuskorjattu ruutususato kg}/(\text{ruudun pituus} \times \text{leveys, m}) \times 10\,000$

## **3.2. Laidunnurmikokeilujen sadon arviointi**

Laiduntutkimuksissa edellä mainittua mittalautasta on käytetty ns. kaksoisnäytteenotto-tekniikalla. Siinä tutkittavalta koeruudulta tehdään mittalautasella haluttu määrä mittauksia, joista otetaan keskiarvo. Sen jälkeen ruudulta punnitaan otantanäytteet muutamasta kohdasta, joista mittalautasella saadaan keskiarvoa vastaava lukema.

### **Esimerkikki MTT:n laidunkokeissa käytetystä kaksoisnäytteenottotekniikasta**

- 1) Mitataan mittarilla lohkolta esimerkiksi noin 30 - 40 mittausta esimerkiksi W:n muotoista kävelyreittiä käyttäen.
  - 2) Katsotaan mittarin keskiarvo ja keskihajonta, jälkimmäinen kuvaa mittausten onnistumista. MTT:n tavoite  $< 1 \text{ cm}$ .
  - 3) Etsitään lohkolta tyypillinen kohta, jossa on noin keskiarvon mukainen kasvusto. Tässä 1 - 2 cm toleranssi on aivan sopiva, jotta etsimiseen ei kulu kohtuuttomasti aikaa.
  - 4) Leikataan tämä kohta haluttuun korkeuteen esimerkiksi 50 x 20 cm kehikolla.
  - 5) Otetaan vastaavasti vielä kaksi edustavaa näytettä.
  - 6) Punnitaan tuorepainot ja määritetään kuiva-ainepitoisuus (%) ja lasketaan kuiva-ainesadot.
  - 7) Korjataan saadut kuiva-ainesadot lineaarisella korjauksella.
- Korjattu sato = Näytteiden kuiva-ainesato x (lohkon lautasmittojen keskiarvo/näytteiden lautasmittojen keskiarvo)

Esimerkki: Mittarilukemien keskiarvo lohkolta on  $52,5 \pm 2$  yksikköä

Näytteiden kuiva-ainesadot ovat 4 110, 4 750 ja 4 640 kg ka/ha → keskiarvo 4 500 kg ka/ha

Näytteiden lautasmittausten keskiarvo on 50 → korjattu sato  $4\,500 \times 52,5/50 = 4\,725$  kg ka/ha.

## Lisätietoa

Artturipalvelu. MTT:n ja Valio Oy:n tuottama verkkopalvelu. Saatavilla internetissä [www.mtt.fi/artturi](http://www.mtt.fi/artturi).

Nykänen, A. 2009. Havaintokoetoimintaa maataloille. PowerPoint-esitys, 12.2.2009 Hyvinkää, RaHa-hankkeen esiselvityksen viljelijätilaisuus. Saatavilla internetissä <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=99137&lan=fi>.

Palva, R., Puumala, L. & Kirkkari, A.-M. 2005. Rehukauppaa suoraan tilojen välillä. Työteho-seuran maataloustiedote 578. 6 s.

Sairanen A. & Virkajärvi, P. 2002. Laidunalan mitoitus. Teoksessa: Puurunen, T. & Teräväinen, H. (toim.). Laiduntaminen kannattaa. Tieto tuottamaan 99. Vantaa, ProAgria Maaseutukeskusten liitto. s. 54 - 62. Oppaan materiaalia saatavilla internetissä <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/maaninka/laiduntaminenkannattaa>.

## KUVAILULEHTI

<i>Julkaisija</i>	TEHO-hanke			<i>Julkaisuaika</i> Toukokuu 2010
<i>Tekijä(t)</i>	Reetta Palva			
<i>Julkaisun nimi</i>	Satotasojen lohkohtainen määrittäminen			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	TEHO-hankkeen julkaisuja 3/2010			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Kasvuolosuhteet vaihtelevat tavallisesti hyvinkin paljon peltolohkoittain, ja samalla tavoin myös sadoissa voi olla suurta lohkohtaista vaihtelua. Satotason lohkohtainen määrittäminen ei kuitenkaan ole itsestään selvä käytäntö kaikilla tiloilla. Tiedon avulla olisi mahdollista tarkentaa ravinnetaselaskentaa ja säätää lannoitusta vastaamaan paremmin kasvin tarpeita. Myös parhaiten soveltuva viljelytekniikka voi vaihdella lohkolta toiselle. Mittaamalla ja tiedot ylös kirjaamalla voi seurata toimenpiteiden vaikutuksia pidemmällä aikavälillä.</p> <p>Raportissa tarkastellaan sadon määrittämisen keinoja, niiden käytännön edellytyksiä, rajoituksia sekä virhemahdollisuuksia. Pääpaino on tilatason viljelyn satoarvioinnissa, minkä lisäksi raportissa käsitellään myös hanketoiminnassa sovellettavia toimintamalleja.</p> <p>Raportti on toteutettu osana Tehoa maatalouden vesiensuojeluun (TEHO) -hanketta.</p>			
<i>Asiasanat</i>	mittaus, nurmet, punnitus, sato, siemensato, vilja			
<i>Rahoittaja/toimeksiantaja</i>	TEHO-hanke			
	ISBN 978-952-257-067-3 (nid.)	ISBN 978-952-257-068-0 (PDF)	ISSN 1798-1115 (pain.)	ISSN 1798-1123 (verkkok.)
	Sivuja 17	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta -
<i>Julkaisun myynti/jakaja</i>	TEHO-hanke / Varsinais-Suomen ELY-keskus Ympäristö ja luonnonvarat PL 523, 20101 Turku puh. 020 636 0060			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	TEHO-hanke			
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2010			



## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	TEHO project			<i>Date</i> May 2010
<i>Author(s)</i>	Reetta Palva			
<i>Title of publication</i>	Satotasojen lohkohtainen määrittäminen			
<i>Publication series and number</i>	TEHO-hankkeen julkaisuja 3/2010			
<i>Abstract</i>	<p>Crop growth conditions often vary widely between different fields of a single farm. Consequently, significant variation in yields is normal as well. However, field specific yield assessment is not taken as a self-evident measure on every farm. More accurate yield information would enable better nutrient budgeting from field to field and help to adjust fertilization to better meet the plant requirements. In addition, the most successful cultivation technique can be different for different fields. The effects of various measures and conditions can be evaluated on the long run by measuring and keeping record of yield information.</p> <p>In this report, on-farm techniques to assess the field specific yields are viewed as well as the possibilities, constraints and sources of error in their implementation. The emphasis is on the yield assessment in normal cultivation operations, in addition to which the methods for yield assessment in on-farm experiments carried out in projects are discussed.</p> <p>The report is published as a part of TEHO project.</p>			
<i>Keywords</i>	measuring, grasslands, weighing, yields, seed crops, grain			
<i>Financier/ commissioner</i>	TEHO project			
	ISBN 978-952-257-067-3 (pbk.)	ISBN 978-952-257-068-0 (PDF)	ISSN 1798-1115 (print)	ISSN 1798-1123 (online)
	<i>No. of pages</i> 17	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> -
<i>For sale at/ distributor</i>	TEHO project / Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Southwest Finland P.O. Box 523, FIN-20101 Turku tel. +358 20 636 0060			
<i>Financier of publication</i>	TEHO project			
<i>Printing place and year</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2010			

Satotasojen lohkoittainen määrittäminen ei ole itsessään selvä käytäntö kaikilla tiloilla. Tiedon avulla olisi mahdollista tarkentaa ravinnetaselaskentaa ja säätää lannoitusta vastaamaan paremmin kasvin tarpeita. Raportissa tarkastellaan sadon määrittämisen keinoja ja niiden toteuttamistapoja käytännössä. Pääpaino on tilatason viljelyn satoarvioinnissa, minkä lisäksi raportissa käsitellään myös hanketoiminnassa sovellettavia toimintamalleja.



ISBN 978-952-257-067-3 (nid.)  
ISSN 1798-1115 (pain.)  
ISBN 978-952-257-068-0 (PDF)  
ISSN 1798-1123 (verkkok.)